



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OSTŘIVA SLÉVÁRENSKÝCH FORMOVACÍCH A JÁDROVÝCH SMĚSÍ

SANDS FOR THE PRODUCTION OF FOUNDRY MOULDS AND CORES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Ostrézí

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Cupák, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Filip Ostrézi
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Petr Cupák, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zmapování použitelnosti různých druhů slévárenských ostřiv pro různé druhy slévárenských slitin, různé typy odlitků a různé technologie pojivových systémů.

Cíle bakalářské práce:

Zpracování přehledu používaných ostřiv pro výrobu slévárenských forem a jader včetně popisu oblasti jejich použití.

Seznam doporučené literatury:

CUPÁK, P., K. TOMÁŠ. Zkušenosti s nekřemennými ostřivy ve slévárně oceli Šmeral Brno, a.s., Slévárenství, Vol. LIV, (2006), No. 6/2006, pp. 222-226, ISSN 0037-6825, Svaz sléváren článek v časopise

CUPÁK, P., K. TOMÁŠ. Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostřiva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem, Slévárenství, Vol. LIV, (2006), No. 12/2006, pp. 462-464, ISSN 0037-6825, Svaz sléváren článek v časopise

RUSÍN, K. Disperzní formovací materiály. Skripta VUT Brno. 2. vyd. Brno Vysoké učení technické v Brně, 1985. 184 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje vlastnostem ostřiv nejběžněji používaných ve slévárnách, jejich výhodám, nevýhodám a použitelností. Nejpoužívanější jsou ostřiva křemenná, především díky své nízké ceně, mají však také mnoho nedostatků jako neplynulou roztažnost, zvýšenou reaktivnost a zdravotní závadnost. Popsána jsou hlavně ostřiva z České a Slovenské republiky, nechybí však ani pár zástupců mimo Evropu. U nekřemenných ostřiv nenajdeme tolik nevýhod, jejich problémem je však stále vysoká cena. Popsány jsou zde ty nejčastěji používané nekřemenné a umělé ostřiva.

Klíčová slova

Formovací směsi, slévárenské písky, křemenná, nekřemenná, umělá ostřiva

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with properties of most usable sands in foundries and with their advantages, disadvantages and usability. Most used are silica sands, because of their low prices, but they have a lot of disadvantages like discontinued heat dilatation, acidit reaction and health defect. Mainly described are sands from Czech and Slovak Republic and few sands out of Europe. Non-silica sands don't have so much disadvantages, but their problem is a big price. Most used non-silica and synthetic sands are described.

Key words

Moulding materials, foundry sands, quartz, non-quartz, synthetic sands

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OSTRÉZÍ, Filip. *Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí*. Brno, 2017. 37s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor slévárenství. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Cupák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Filip Ostrézi

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Cupákovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování této práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
ÚVOD	9
1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ A JÁDROVÉ SMĚSI	10
1.1 Ostřivo	10
1.1.1 Granulometrické vlastnosti ostřiva	10
1.2 Pojivo	11
1.3 Vlastnosti slévárenských formovacích směsí	12
1.3.1 Technologické vlastnosti slévárenských směsí.....	12
1.3.2 Fyzikální vlastnosti slévárenských směsí	12
1.3.3 Chemické vlastnosti slévárenských směsí	13
1.4 Pomocné formovací látky - přísady	13
2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA	14
2.1 Obecné charakteristiky	14
2.2 Požadavky na křemenná ostřiva	15
2.3 Nevýhody křemenných ostřiv	15
2.4 Přehled českých a slovenských křemenných ostřiv	17
2.4.1 Střeleč	17
2.4.2 Provodín.....	18
2.4.3 Šajdíkové Humence	19
2.5 Evropská a světová křemenná ostřiva.....	20
2.5.1 Ostřivo Szczakowa	20
2.5.2 Ostřivo Grudzeń Las	21
2.5.3 Ostřivo firmy SAND TEAM	22
2.5.4 Ostřiva Frechen a Haltern	23
2.5.5 Cape Flattery.....	24
3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA	25
3.1 Ostřiva neutrálního charakteru.....	25
3.1.1 Chromit	25
3.1.2 Olivín	26
3.1.3 Zirkon.....	27
3.1.4 Šamot	28
3.1.5 Ostřiva s vysokým obsahem Al_2O_3 - aluminosilikáty	29
3.1.6 Korund	29

3.3 Ostřiva zásaditého charakteru	29
3.3.1 Magnezit	29
3.3.2 Chrommagnezit.....	31
3.3.3 Dunit - magnolit.....	31
3.4 Ostatní, speciální a umělá ostřiva	32
3.4.1 Kerphalite KF	32
3.4.2 CERABEADS.....	33
3.4.3 LK - Sand.....	34
3.4.4 Grafit.....	35
3.4.5 Kovová ostřiva	35
3.4.6 Solná jádra	35
4 Souhrn vybranných ostřiv	36
ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	41

ÚVOD

Slévárenství je jednou z hlavních technologií strojírenské výroby. Historie slévárenství sahá až do dob staré Persie, Číny a Egypta, kde se odlévalo z měkkých materiálů, zejména mědi a bronzu. Od té doby ušel obor slévárenství dlouhou cestu. Dnes je díky hromadné sériové výrobě, různým druhům technologií odlévání, lepším vlastnostem používaných materiálů a automatizaci, možno vyrábět odlitky různých vlastností, velikostí a složitých tvarů, které by nešlo jinak vyrobit, nebo by jejich výroba byla obrovsky složitá a finančně nákladná.

Dnešním trendem je, kromě snahy o zdokonalení kvality odlitků, hlavně zlepšení v oblasti ekonomické a ekologické. Na tom se velkou měrou podílí formovací směsi a jejich recyklace a opětovné použití. Hlavní zastoupení ve formovací směsi představuje materiál zvaný ostřivo, kterým se tato bakalářská práce zabývá. Volba ostřiva záleží na více parametrech, například: cena ostřiva, tvar odlitku, materiál odlitku, druh pojiva a jiné. V současnosti jsou nejpoužívanější ostřiva křemenné písky a to hlavně díky nízké ceně, křemen je totiž v přírodě poměrně značně rozšířen. Křemenné písky mají však řadu nevýhod a negativních vlastností, jsou také zdravotně závadné a proto se v některých případech nahrazují ostřivy nekřemennými nebo uměle vytvořenými.

Tato práce je zaměřena na shrnutí významných a nejpoužívanějších českých, slovenských, evropských a světových ostřiv. Jsou zde zmíněny jejich vlastnosti, výhody i nevýhody, chemické složení, využití ve výrobě a další užitečné charakteristiky.

1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ A JÁDROVÉ SMĚSI

Formovací směs je základem k výrobě slévárenských forem a jader. Dvěma hlavními složkami jsou ostřivo a pojivo. Podíl ostřiva je okolo 90 – 99,5 % hmotnosti směsi, určuje a tvoří tak kostru celé soustavy. Jde o zrnitý, žáruvzdorný materiál, jehož zrna přesahují velikost 0,02 mm. Pojivo je látkou nebo směsí látek, poskytující směsi soudržnost, tudíž vaznost za syrova a pevnost při vyšších teplotách i po vysušení. Kromě těchto základních složek obsahuje formovací směs také vodu a jiné látky, které pomáhají ovlivňovat vlastnosti směsí, nazývané jako přísady. Formovací směsi se dělí podle různých kritérií, nejčastěji podle metody výroby formy na směsi I., II., III., a IV. generace [1,2,3].

1.1 Ostřivo

Ostřivo je hlavní hmotnostní fází formovací směsi a určujícím činitelem mnoha jejích vlastností. Tyto vlastnosti jsou dány chemickým a mineralogickým složením ostřiva a také jemnostním rozdělením jeho částic s různou velikostí a tvarem. Tyto vlastnosti rozhodují o objemové hmotnosti, prodyšnosti a také pevnosti směsi [1,2].

Ostřiva lze dělit podle [1,3]:

- podle chemické povahy: kyselé (př. křemenné písky), neutrální (př. šamot, korund), zásaditá (př. magnesit) a speciální a umělá ostřiva (př. kovová ostřiva, struskový písek)
- podle původu vzniku: přirozená (př. křemenné písky, zirkon) a umělá ostřiva (př. šamot, korund).

1.1.1 Granulometrické vlastnosti ostřiva

Granulometrická skladba ostřiva a její změny mají většinou velký vliv na vlastnosti formovacích směsí. Disperzita pískového systému, která je podmíněna různým tvarem a rozložením částic, je vystižena několika pojmy [2].

Zrnitost

Zrnitost udává stupeň rozpojení písku. Její určení se nejčastěji provádí pomocí síťového rozboru. Znázorňuje se nejčastěji pomocí součtové křivky zrnitosti [2].

Velikost částic

Je definována jako:

- a) průměr myšlených kulových zrn, která mají stejný objem jako zrna skutečná
- b) průměr myšlených kulových zrn, jež mají stejnou usazovací rychlost jako skutečná zrna pískového systému [2].

Obsah zemitého pojiva

Je definován jako podíl písku s nejvyšší velikostí zrn 0,02 mm [2].

Střední velikost zrna d_{50}

Jde o statistický průměr velikostí zrn nebo tříd velikostí. Při síťovém rozboru jde o střední velikost zrna velikosti ok síta, na jakých se zachytí 50 % ostřiva tj. průměrná zrnitost [2].

Číslo stejnosměrnosti

Číslo se určuje jako podíl d_{75} a d_{25} což jsou průměry zrn odpovídající velikosti ok síta, na kterých je zachyceno 75 % resp. 25 % částic ostřiva. Čím více se číslo stejnosměrnosti blíží k hodnotě 1, tím je ostřivo stejnoměrnější [2,3].

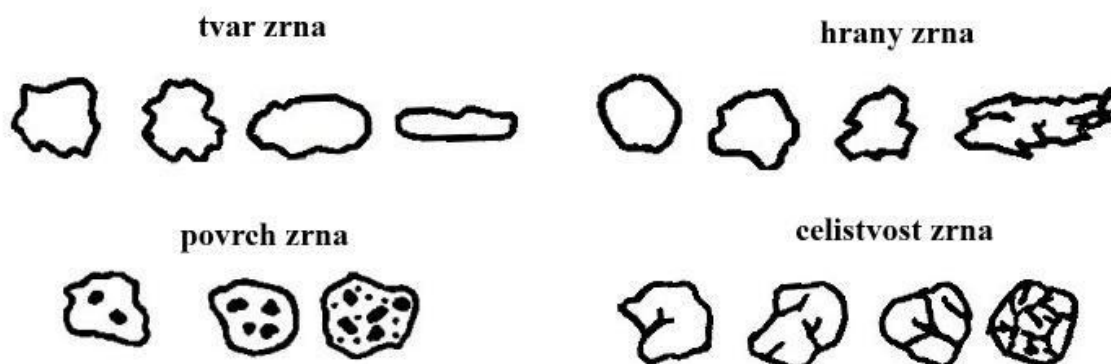
Číslo zrnitosti AFS

Jde o bezrozměrnou hodnotu, která udává přibližný počet otvorů v síti (na 1 palec čtvereční), kterými by prošel písek, pokud se předpokládá stejná velikost všech zrn [2].

Tvar a povrch zrna

Většina slévarenských písků byla po svém vzniku přenášena různými způsoby (např.: činností vody, vzduchu nebo ledu) na velké vzdálenosti. Při těchto přenosech byl povrch různě upravován, zrna byla tříděna, obrušována a drcena. V souvislosti s původem vzniku, se písky dělí podle (obr. 1) [2,3]:

- tvaru zrna: izotermický, protažený krátce nebo protažený dlouze,
- hrany zrna: kulatá, hranatá se zakulacenými hranami, ostrohranná a roztříštěná,
- povrchu zrna: drsný, polodrsný, hladký
- celistvosti zrna: rozpukání malé nebo větší, obsah dutin [2,3].



Obr. 1 Povrch a tvar zrn [3].

1.2 Pojivo

Pojiva jsou látky, které ve formovacích směsích vytvářejí vazbu mezi jednotlivými zrny pískového systému. Tato vazba může působit jak v syrovém stavu po rozmíchání pojiva s ostřivem, tak také po fyzikálním nebo chemickém zásahu z vnějšího prostředí. Vazba pojiva s ostřivem je určena velikostí adhezních sil mezi jejich povrchy a velikostí kohezních sil, které jsou určeny pomocí vnitřní pevnosti daného pojiva.

Pojiva lze dělit podle mnoha hledisek. Nejběžněji se pojiva dělí podle jejich původu na:

- organická pojiva
- anorganická pojiva

Organická pojiva jsou v dnešní době často používána. Patří do nich především umělé pryskyřice, oleje a sacharidy. Jejich charakteristické vlastnosti jsou vysoká tekutost za syrova, dobrá rozpádatelnost po odlití a velký vývin plynů při lití.

Anorganická pojiva mají minerální původ a dávají formovací směsi vaznost v již syrovém stavu nebo vytvrzují po chemickém či fyzikálním zpevnění. Patří mezi ně hlavně jíly, sádra, cement a vodní sklo. Tato pojiva jsou vhodná pro lití za syrova. Nevytváří velké množství plynů při lití, po odlití však mají zhoršenou rozpadavost [2,4].

1.3 Vlastnosti slévárenských formovacích směsí

Ideální formovací směs je levná, dostatečně tekutá hmota, která po kontaktu se zařízením modelu okamžitě ztuhne a vytvoří tenké a hladké stěny s vysokou pevností. Je chemicky netečná a nesmáčivá, má také dostačující prodyšnost a lze ji opětovně použít, aniž by byla nutná regenerace. Je zřejmé, že v dnešní době nelze směs, která by splňovala všechny dané požadavky, objevit. Existuje však množství směsí, které mají velmi blízko, k některým požadavkům kladeným na ideální směs. Tyto směsi mají však také určité nevýhody, které jejich obecné používání omezují [2].

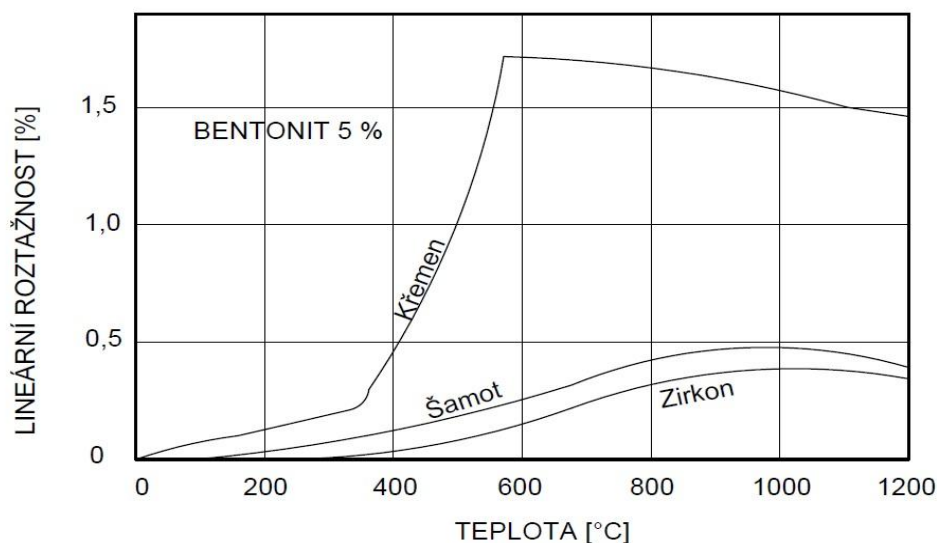
1.3.1 Technologické vlastnosti slévárenských směsí

Technologické vlastnosti formovacích směsí se dají rozdělit do tří základních skupin dle stadia výroby slévárenské formy. Jedná se o:

- vlastnosti směsi za syrova - Ovlivňují kvalitu vyrobeného odlitku, postup výroby formy a použitou formovací technologii.
- vlastnosti směsi po chemickém zpevnění nebo vysušení - Určují jakost a pevnost vyrobených forem a jader.
- vlastnosti směsi za působení vysokých teplot tekutého kovu - Jde o nejvýznamnější vlastnosti a mají zásadní vliv na kvalitu odlitku [2].

1.3.2 Fyzikální vlastnosti slévárenských směsí

Z fyzikálních vlastností formovacích směsí jsou nejdůležitější vlastnosti tepelné, které udávají rychlost odvodu tepla z taveniny vlité do formy. Rychlost odvodu tepla formovací směsí ovlivní zabíhavost odlitků, proces krystalizace i konečnou strukturu odlitků. Z tepelných charakteristik formovacích směsí je prvořadá tepelná vodivost a teplotní roztažnost. Součinitel tepelné vodivosti roste u většiny směsí se zvětšující se teplotou ohřívání, vyjma směsí s korundovým a magnezitovým ostřivem. Na obr. 2, lze vidět, že lineární teplotní roztažnost u křemenných ostřiv nemá při zvyšování teploty pravidelný průběh. To je způsobeno polymorfními přeměnami krystalických modifikací [2].



Obr. 2 Lineární roztažnost [2].

1.3.3 Chemické vlastnosti slévárenských směsí

Při styku strusky (vzniklé při tavení kovu) a oxidů (tvořících se při tavení a odlévání) s formovací směsí vznikají chemické reakce. Při styku směsi a tekutého kovu, vzniká vodní pára a plyny a reagují spolu. Na vnějšku dutiny formy důsledkem toho vznikají produkty reakcí a vzájemného působení. Tyto produkty dle své viskozity a schopnosti difúze buď pronikají do podpovrchových vrstev formy, nebo jsou odplaveny s tekutým kovem. Po odlití a vychladnutí odlitku lze pozorovat v určité vrstvě písku úplně změněné vlastnosti. Vytvořená souvislá masa má pak lesklou strukturu a pro ni typickou šedou barvu. V určitých případech je tato vrstva uchycena k odlitku a je třeba ji speciálně odstranit [2].

1.4 Pomocné formovací látky - přísady

Přísady jsou posilující látky, které jsou přidávány do směsi, aby upravily a zlepšily některé užité vlastnosti formovacích nebo jádrových směsí, případně již zhotovených forem. Často se dělí do skupin, např.: přísady pro zlepšení povrchu odlitku (mazut, černouhelná moučka, aj.), přísady pro povrchovou úpravu forem - nátěry forem, přísady upravující technologické vlastnosti formovací směsi jako organické polymery, látky snižující pnutí ve formě a jiné, a přísady snižující adhezi pojiva k povrchu modelu (silikonový olej, nafta, mletý vápenec) [2,3,5].

2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA

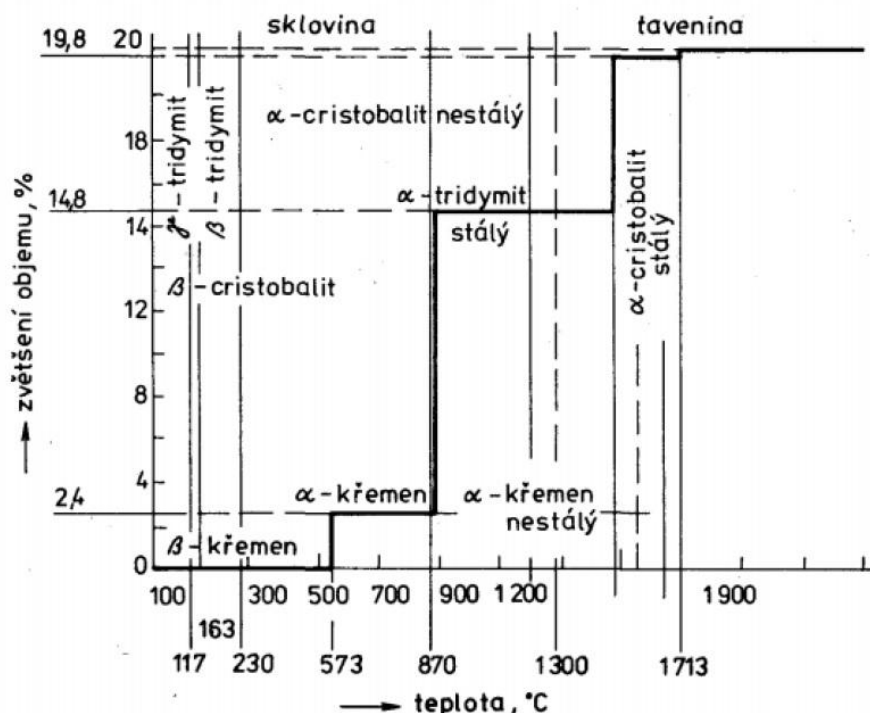
2.1 Obecné charakteristiky

Křemenná ostřiva jsou nejekonomičtější a tedy i nejrozšířenější ostřiva pro přípravu směsí, mají širokou škálu využití.

Základní surovinou formovacích směsí je křemen (oxid křemičitý - SiO_2). Jde o nejběžnější minerál vyskytující se v přírodě, to je také jeho hlavní výhoda oproti jiným ostřivům - nízké náklady na jeho získání, má také vhodnou zrnitost. Teplota tání křemene je nad 1700°C , tudíž je vhodný pro výrobu forem pro odlévání většiny slévarenských slitin. Měrná hmotnost je okolo 2650 kg/m^3 .

Kromě těchto příznivých vlastností má oxid křemičitý také méně vhodné vlastnosti. Křemen je kyselá sloučenina, která reaguje se zásaditými látkami, tyto reakce pak způsobují sníženou žáruvzdornost. Další nevýhodou, projevující se při ohřevu, jsou polymorfní přeměny, které se projevují jako objemové změny a poruchy celistvosti formy.

Oxid křemičitý může existovat v několika krystalických a jedné amorfní modifikaci. Bezvodý SiO_2 známe v takovýchto modifikacích: α a β křemen, α a β cristobalit, α , β a γ tridymit a křemenné sklo. Nejvíce rozšířeným typem křemene v přírodě je β -křemen. Má podobu křemenných písků, různých křišťálů, pískovců nebo příměsí v jílech a kaolínech. Při normálních teplotách je β -křemen stálý a při teplotě 573°C se přeměňuje v α -křemen. V důsledku této přeměny dochází ke změně krystalické mřížky a k růstu objemu. Změny objemu závisí na stavu směsi (velikost a tvar zrn, obsah pojiva, katalyzátory, aj.). Důsledkem tepelné dilatace a cristobalitické expanze je vznik napětí \rightarrow praskliny a zálupy. Na obr. 3 jsou znázorněny objemové změny při polymorfních přeměnách křemene [1,2,3].



Obr. 3 Změny objemu při polymorfní přeměně křemene [2].

Rozdělení křemenných písků podle způsobu vzniku:

- písky váté - písky vyznačující se vysokou zrnitostí a kulatostí, která je výsledkem obrušování a eroze při vzdušném a vodním přenosu z velkých vzdáleností.
- písky usazené mořem - díky své jakosti a mineralogické čistotě patří mezi nejdůležitější, jsou vhodné pro ocelové odlitky.
- písky říční - jde o špatně vytríděné sedimenty tvořící náplavy, uplatnění najdou hlavně u rozměrnějších litinových odlitků.
- písky ledovcové - jde o písky s nepravidelnou zrnitostí z dob prvního zalednění, obsahují větší množství nevázaných jílu a proto je jejich využití možné až po úpravě praním a tříděním [3].

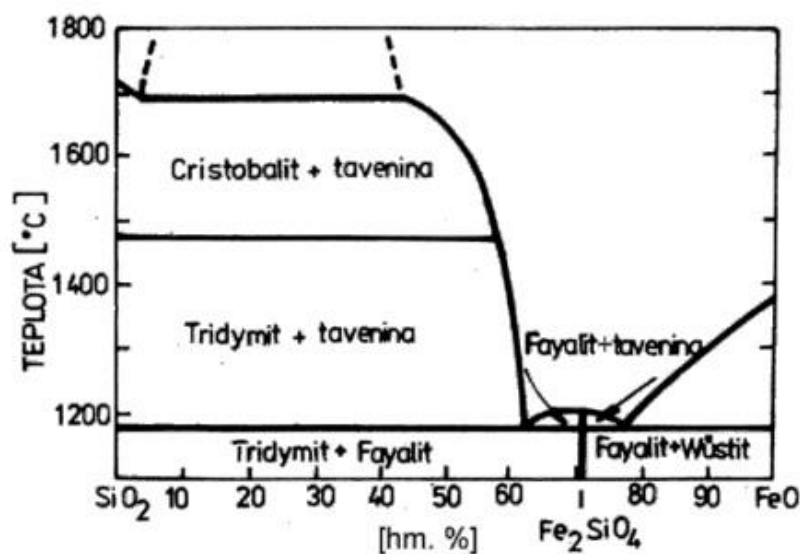
2.2 Požadavky na křemenná ostřiva

- vysoká mineralogická čistota (obsah SiO_2 větší než 95 %)
- málo hranatý a pravidelný tvar zrn
- co nejmenší koncentrace jemných podílů
- zrna by neměla být hrubší než 0,6 mm, s výjimkou obrovských odlitků
- minimální obsah živců (snižují teplotu spékání) do 1 % [1,2]

2.3 Nevýhody křemenných ostřiv

Zvýšená reaktivnost

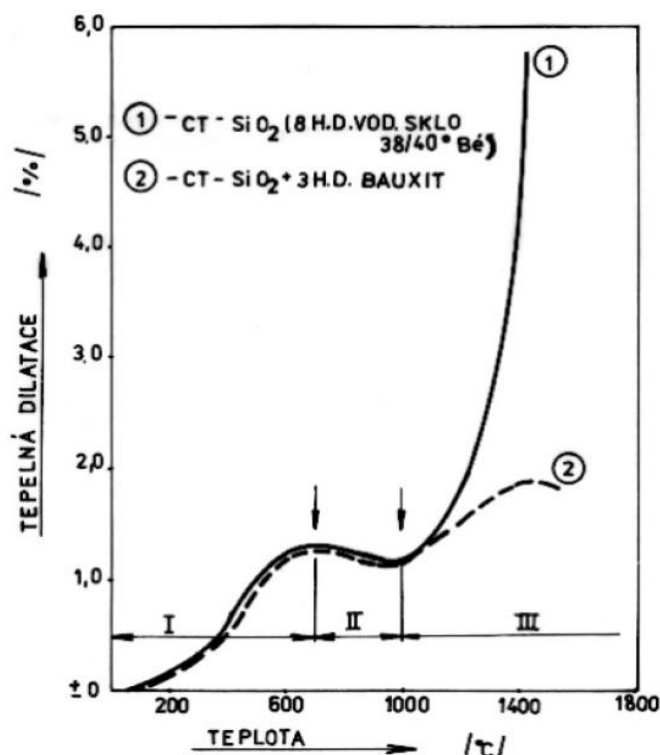
Protože je křemen sloučeninou kyselou, reaguje za vyšších teplot s oxidy zásaditými, za vzniku sloučenin s nižší žáruvzdorností, což může vést k zapékání (povrchovým vadám). Vzájemné působení oxidů jde nejlépe vidět na rovnovážných diagramech. Největší je reakce oxidu křemičitého SiO_2 s oxidem železnatým FeO , kdy se vytvoří fayalit ($2 \text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) a oxidem manganatým MnO za vzniku rodonitu MnSiO_3 [1,2,3].



Obr.4 Binární diagram FeO - SiO₂ [1].

Neplynulá tepelná dilatace

Vratná změna dilatace směsi do 700 °C je vyvolána vratnou změnou modifikace SiO_2 . Při teplotě nad 700 °C dojde už k menšímu smrštění směsi a při teplotách 900 - 1000 °C k souvislému expanznímu růstu směsi, která dosahuje při 1400 °C okolo 15 % objemové dilatace. Průběh je zobrazen na obr. 5. Největší napětí vzniká u písků s kulatými zrny. Důsledkem dilatace roste ve formě napětí, díky tomu se vytváří vady na povrchu odlitku a vznikají výronky a záluhy [1,2,3].



Obr. 5 Průběh tepelné dilatace křemenného ostřiva [1].

Cristobalitická expanze

Při přeměně SiO_2 na cristobalit, dochází ke změně krystalové mřížky (hexagonální se mění na krychlovou). Při teplotě 1050 - 1100 °C může objem narůst až o 15,7 %. Cristobalitická expanze je urychlována kationty (K^+ , Na^+) a pomocí některých oxidů (oxid hlinitý - Al_2O_3) ji lze zpomalit. Díky tomuto ději je zhoršená čistitelnost jader, rozměrová a tvarová nepřesnost tepelně namáhaných jader [1,2,3].

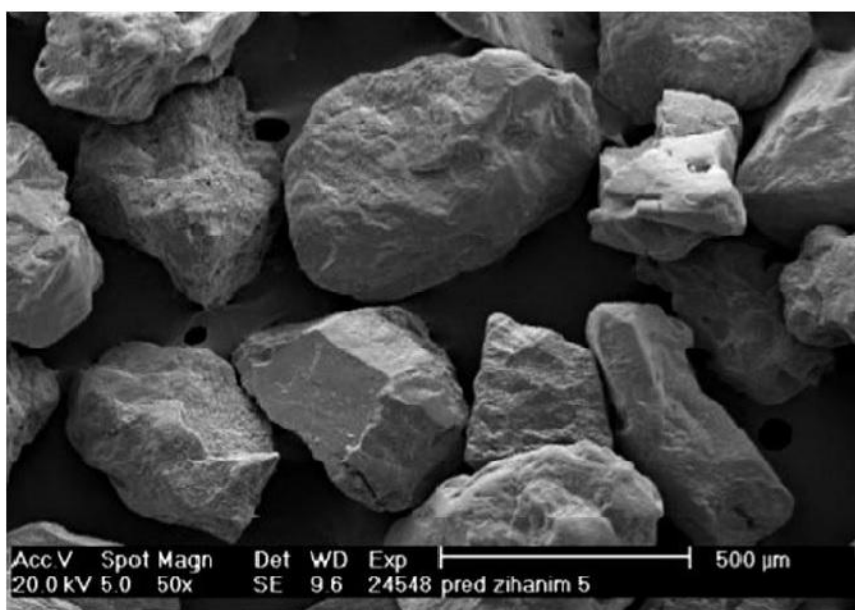
Silikóza

Silikóza je nazývána nemocí z povolání, jde o plicní onemocnění, při kterém se usazuje oxid křemičitý v plicích. Je způsobena dlouhodobým kontaktem s křemenným prachem. Projevuje se kašlem, problémy s dýcháním, únavou, v pokročilém stádiu může být smrtící.

2.4 Přehled českých a slovenských křemenných ostřiv

2.4.1 Střeleč

Slévárenské písky Střeleč začaly být těženy ve 20. letech 20. století, v okrese Jičín ve Střelci. Řadí se výrobní kapacitou a objemem prodaných písků mezi největší dodavatele ve střední Evropě. Ložisko písku vzniklo usazením sedimentů v křídovém moři v období druhohor. Jde o kvalitní slévárenské písky s velkým obsahem SiO_2 , jsou vhodné hlavně k výrobě pískových jader, pro lití do pískových forem a pro metodu přesného lití. Kromě velkého obsahu SiO_2 se vyznačují také nízkým obsahem oxidů Fe_2O_3 a Al_2O_3 a také vysokou chemickou čistotou a dobrou zrnitostí. Písky určené pro slévárenské účely nesou označení ST 52-56[2,5,7]. Jejich parametry jsou uvedeny v tab. 1.



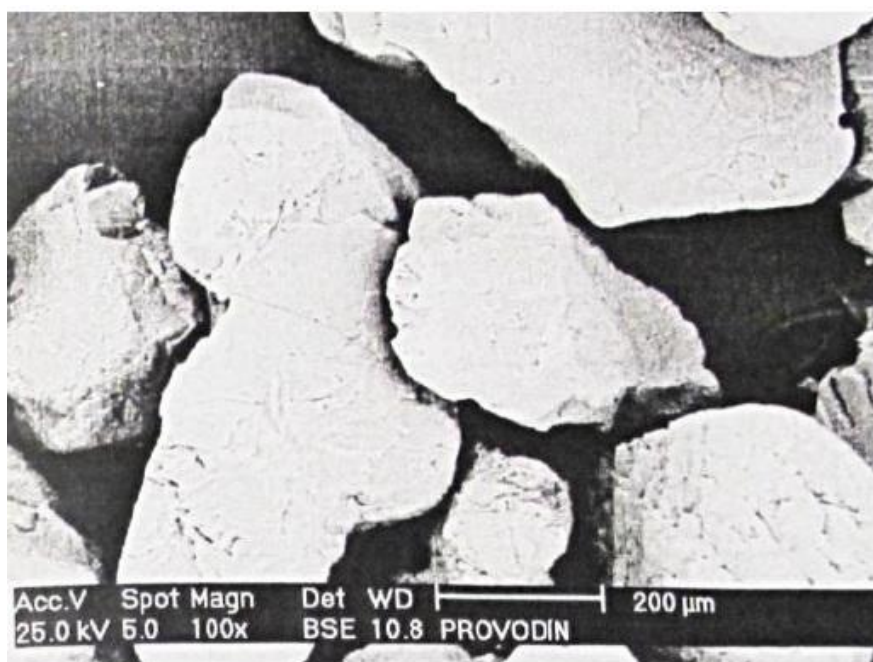
Obr. 6 Povrch a tvar ostřiva Střeleč [8].

Tab. 1 Parametry a chemické složení ostřiva Střeleč [7,9].

Parametry a chemické složení ostřiva Střeleč					
Označení písku	ST 52	ST 53	ST 54	ST 55	ST 56
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,32	0,27	0,22	0,16	0,14
AFS [-]	51	56	66	89	125
SiO_2 [%]	99,3	99,2	99,2	99,0	99,0
Fe_2O_3 [%]	0,04	0,04	0,04	0,07	0,09
Hodnota pH [-]	7,0	7,5	7,4	7,8	7,5
Tvrдость [mohs]	7				

2.4.2 Provodín

Slévárenské písky Provodín se těží jižně od České lípy v Severních Čechách, ložisko vzniklo asi před 100 miliony lety. Jedná se o písky, které mají vysokou chemickou i mineralogickou čistotu a také velkou žáruvzdornost, jsou charakteristická svými zaoblenými hranami (obr. 7) a díky své kvalitě mají širokou škálu využití. Písky určené ke slévárenským účelům jsou značeny PR 30 až PR 33 a liší se hlavně ve střední velikosti zrna a zrnitosti [2,17]. Základní parametry a chemické složení jsou uvedeny v tab. 2.



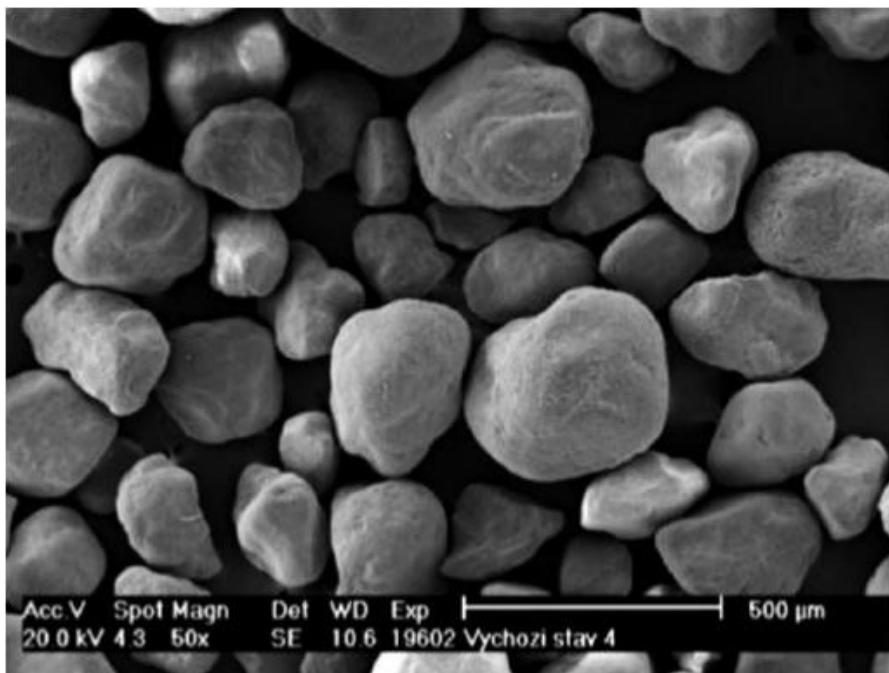
Obr. 7 Povrch a tvar ostřiva Provodín [25]

Tab. 2 Parametry a chemické složení ostřiva Provodín [17].

Parametry a chemické složení ostřiva Provodín				
Označení písku	PR 30	PR 31	PR 32	PR 33
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,75	0,38	0,34	0,30
AFS [-]	18	38	43	48
SiO_2 [%]	99	99	99	99
Fe_2O_3 [%]	0,03	0,03	0,03	0,03
Al_2O_3 [%]	0,30	0,30	0,30	0,30

2.4.3 Šajdíkové Humence

Slovenské písky Šajdíkové Humence se nachází v západní části Slovenské republiky nedaleko hranic České republiky při dolním toku Moravy a Myjavy, jde o jedny z nejkvalitnějších křemenných písků v Evropě. Tato ostřiva se díky obrušování při vzdálených přenosech vyznačují značnou kulatostí a pravidelností zrn. Jeho využití je zejména u šedých litin, avšak kvůli vyššímu obsahu živců, se nehodí pro ocelové odlitky. Ostřiva jsou značena SH 30 až SH 34, podle zrnitosti [1,16]. Základní parametry a chemické složení jsou uvedeny v tab. 3.



Obr. 8 Povrch a tvar ostřiva Šajdíkové Humence [10].

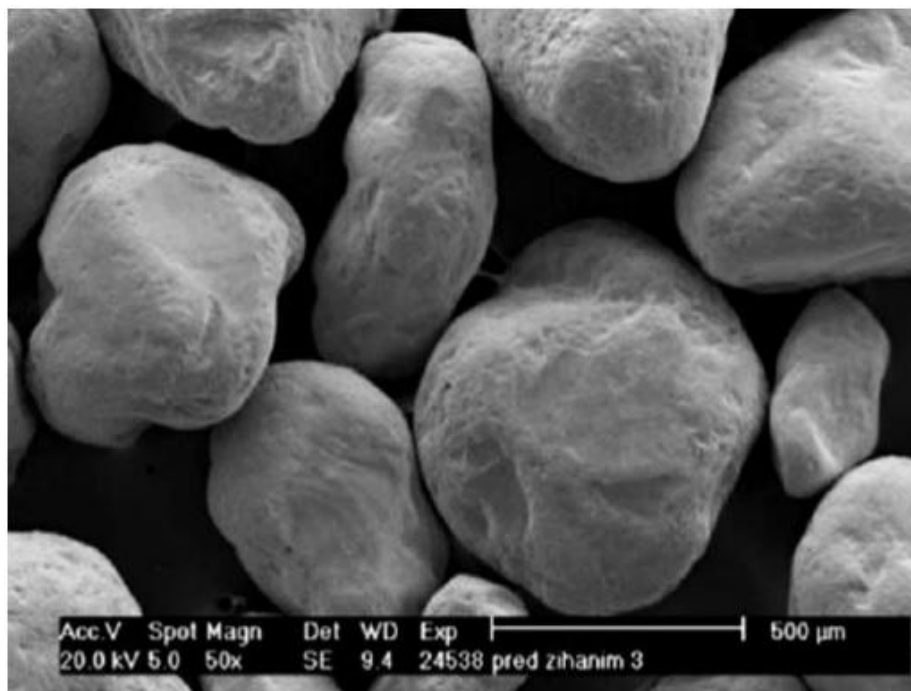
Tab. 3 Parametry a chemické složení ostřiva Šajdíkové Humence [16].

Parametry a chemické složení ostřiva Šajdíkové Humence			
Označení písku	SH 32	SH 33	SH 34
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,38	0,29	0,24
AFS [-]	34	46	56
SiO_2 [%]	98,0	97,4	97,0
Fe_2O_3 [%]	0,16	0,17	0,19
Al_2O_3 [%]	1,4	1,5	1,9
Sypná hmotnost [t/m^3]	1,5		

2.5 Evropská a světová křemenná ostřiva

2.5.1 Ostřivo Szczakowa

Písek s vysokou jakostí, jeho zrna jsou celistvá a zakulacená s hladkým povrchem. Písek se těží v Polsku v Krakovské vysočině, jde o největší polskou pískovnu. Písky zde mají velkou kvalitu, okolo 98 % SiO_2 . Parametry ostřiva jsou uvedeny v tabulce 4 [9,11].



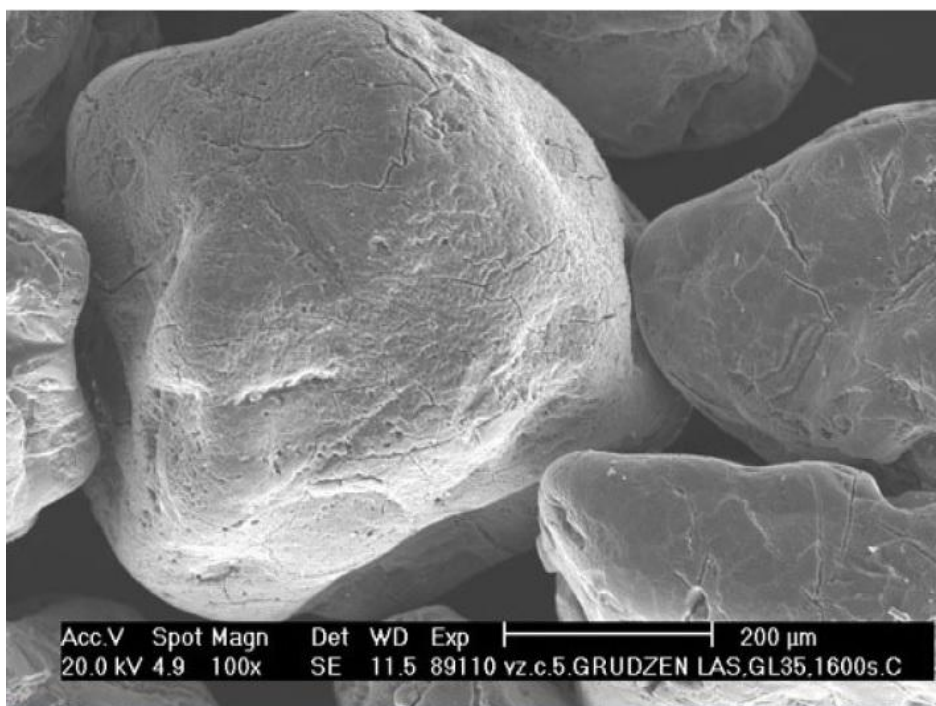
Obr. 9 Tvar a povrch ostřiva Szczakowa [10].

Tab. 4 Parametry a chemické složení ostřiva Szczakowa [11].

Parametry a chemické složení ostřiva Szczakowa	
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,275
AFS [-]	48,1
SiO_2 [%]	98,20
Fe_2O_3 [%]	0,26
K_2O [%]	0,45
Hodnota pH	7,28
Podíly ostřiva pod 0,1 mm [%]	0,06

2.5.2 Ostřivo Grudzeń Las

Písek Grudzeń Las se těží na území Polské republiky v Lodžském vojvodství. Počátek těžby písku, který je určen ke slévárenským účelům, se datuje k 30. létům minulého století. Jedná se o písky, které mají oválný tvar (obr. 10), vysokou tepelnou odolnost a vysoký obsah SiO_2 , který je nad 99,2 %, proto je písek primárně využíván při odlévání odlitků z ocelí. Zaručují také kvalitní povrch odlitků z šedé a tvárné litiny, ale také neželezných kovů [19]. Parametry a chemické složení ostřiva jsou uvedeny v tabulce 5.



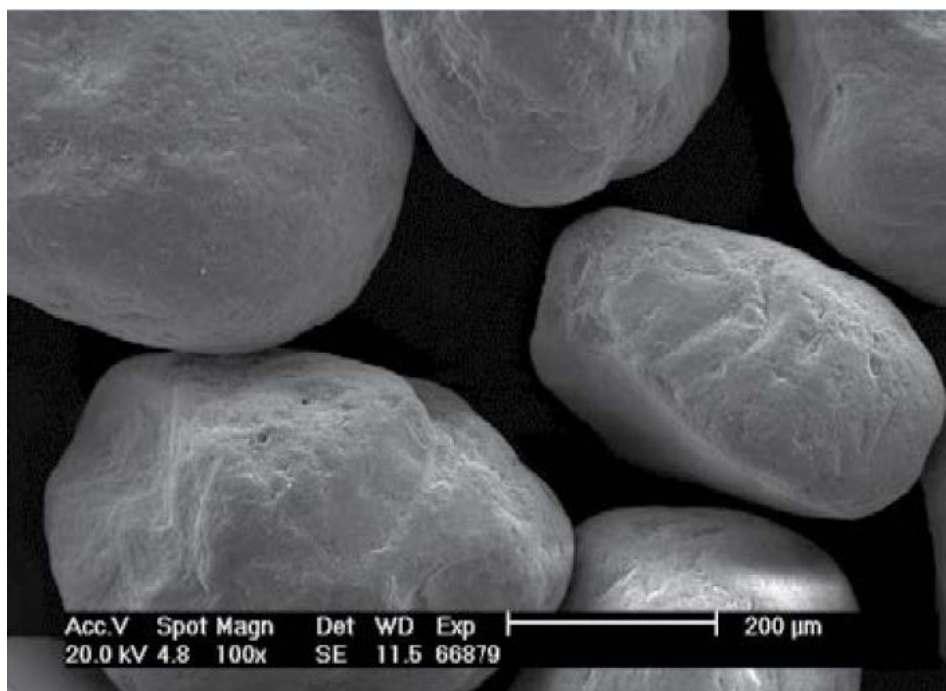
Obr. 10 Tvar a povrch ostřiva Grudzeń Las [19].

Tab. 5 Parametry a chemické složení křemenného ostřiva Grudzeń Las [19].

Parametry a chemické složení ostřiva Grudzeń Las			
Označení písku	GL 21	GL 30	GL 35
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,20 - 0,24	0,28 - 0,32	0,35 - 0,40
Vyplavitelné látky [%]	0,20		
SiO_2 [%]	Min. 99,2		
Fe_2O_3 [%]	Max. 0,07		
Al_2O_3 [%]	Max. 0,20		
Tepelná degradace [°C]	Min. 1550		

2.5.3 Ostřivo firmy SAND TEAM

Firma SAND TEAM, spol. s r.o. dováží do České republiky norské ostřivo od producenta SIBELCO. Tyto ostřiva jsou díky svému vysokému obsahu SiO_2 a velké teplotní odolnosti vhodné pro odlévání všech kovů a ocelí. Ostřiva se vyznačují oblým tvarem (obr. 11) a jsou značeny písmeny SP. Parametry a chemické složení jsou uvedeny v tabulce 6 [18].



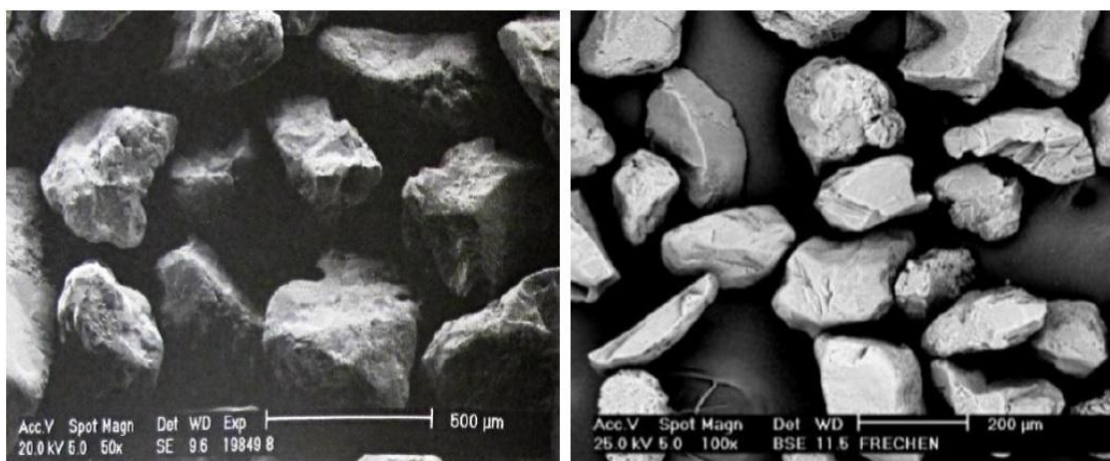
Obr. 11 Tvar a povrch ostřiva od firmy SAND TEAM [18].

Tab. 5 Parametry a chemické složení ostřiva od firmy SAND TEAM [18].

Parametry a chemické složení ostřiva od firmy SAND TEAM			
Označení písku	SP 35	SP 31	SP 28
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,33 - 0,37	0,29 - 0,33	0,0,24 - 0,28
Vyplavitelné látky [%]	0,26	0,30	0,20
SiO_2 [%]	98,3	98,3	98,3
Fe_2O_3 [%]	0,15	0,15	0,15
Obsah uhličitánů [%]	0,15	0,15	0,15

2.5.4 Ostřiva Frechen a Haltern

Jedná se o německá ostřiva vysoké kvality, které udávají světový trend. Písek Frechen se těží u města Kolín nad Rýnem, písek Haltern pak o 100km dál a těží se pouze pod vodní hladinou. Ostřiva Frechen jsou značeny F 32 až F36 a ostřiva Haltern jako H31 až H 33 a H 35 [8,26,39]. Parametry a chemické složení jsou uvedeny v tabulce 6 a zobrazeny na obr. 12.



Obr. 12 Tvar a povrch ostřiv Haltern (vlevo) a Frechen (vpravo) [8,26].

Tab. 6 Parametry a chemické složení ostřiv Haltern a Frechen [8,26].

Parametry a chemické složení ostřiv Haltern H 32 a Frechen F 32		
Označení písku	H 32	F 32
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,32	0,24
AFS [-]	45	49
SiO_2 [%]	99,8	99,7
Fe_2O_3 [%]	0,04	0,03

2.5.5 Cape Flattery

Jedná se o australský křemenný písek, jde o ložisko s největší produktivitou na světě. Je vhodný jak pro slévárenský tak i sklářský průmysl. Jeho předností je velká chemická čistota a vyznačuje se zaoblenými hranami zrn (obr. 13), ostřívo je vhodné jak pro odlévání veškerých kovů [20]. Chemické složení ostříva je uvedeno v tabulce 7.



Obr. 13 Tvar a povrch ostříva Cape Flattery [20].

Tab. 7 Chemické složení ostříva Cape Flattery [20].

Chemické složení ostříva Cape Flattery	
SiO ₂ [%]	99,90
Al ₂ O ₃ [%]	0,07
TiO ₂ [%]	0,02
Fe ₂ O ₃ [%]	0,02

3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA

3.1 Ostřiva neutrálního charakteru

3.1.1 Chromit

Chromit je oxidem chromu a železa - FeCr_2O_4 . Získává se drcením chromitové rudy, poté se suší, odprašuje, prosévá a třídí podle zrnitosti. Jde o hranatý, krychlový minerál, hnědočerné barvy s hladkým povrchem. Chromitový písek je žáruvzdorný materiál, který se ve slévárenství využívá převážně díky vysoké odolnosti proti penetraci a zapékání. Používá se jako žáruvzdorné ostřivo pro tepelně namáhané jádrové a formovací směsi, zejména pro výrobu masivních odlitků. Používá se také na ochlazování tepelných uzlů. Jeho velkou nevýhodou je vysoká cena. Nejvýznamnější ložiska se nachází v Jihoafrické republice [1,18,21,28,30]. Chemické složení a parametry jsou uvedeny v tab. 8 a tab. 9.



Obr. 14 Chromitový písek [23].



Obr. 15 Tvar chromitového zrna [18].

Tab. 8 Vlastnosti chromitového ostřiva [18,22].

Parametry chromitového ostřiva	
AFS [-]	45 - 55
d_{50} [mm]	0,27 - 0,35
Žáruvzdornost [°C]	min. 1800
Sypná hmotnost [kg/m^3]	2700 - 2900

Tab. 9 Chemické složení chromitového ostřiva [18,22].

Chemické složení chromitového ostřiva	
Cr_2O_3 [%]	44 - 47
Fe_2O_3 [%]	25 - 27
Al_2O_3 [%]	12 - 16
MgO [%]	6 - 10
SiO_2 [%]	1 - 1,8

3.1.2 Olivín

Jde o materiál sopečného původu s vysokým obsahem hořčíku. Jedná se o roztok forsteritu (Mg_2SiO_4) a fayalitu (Fe_2SiO_4) a dále obsahuje také doprovodné minerály jako serpentín, chromit, magnetit a jiné. Olivín je charakteristický svou zelenou barvou a hranatými zrny s hladkým povrchem. Jde o žáruvzdorný materiál s nízkým, lineárním koeficientem tepelné roztažnosti a vysokou tepelnou absorpcí. Olivín se používá pro výrobu formovacích směsí s vysokou kvalitou povrchu, pro výrobu jader s vysokou pevností a žáruvzdorností, je také vhodný pro nejnáročnější odlitky z austenitických chromniklových a manganových ocelí, slitin hliníku a některých typů slitin neželezných kovů. Ložiska olivínu se nachází například v Norsku, Egyptě a na Slovensku [1,18,22,23]. Chemické složení a parametry ostřiva olivín jsou uvedeny v tab. 10 a tab. 11.



Obr. 16 Olivín [22]

Tab. 10 Parametry ostřiva olivín [21,22].

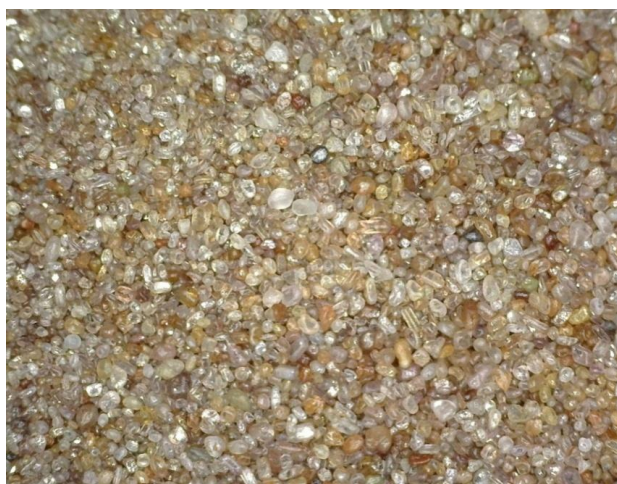
Parametry ostřiva olivín	
AFS [-]	50
tvrdost [mohs]	6,5 - 7,0
Ztráta žíháním [%]	max. 1,0
Sypná hmotnost [kg/m^3]	1700 - 1900

Tab. 11 Chemické složení ostřiva olivín [21,22].

Chemické složení ostřiva olivín	
MgO [%]	48,5 - 50,0
SiO ₂ [%]	41,5 - 42,5
Fe ₂ O ₃ [%]	6,8 - 7,3
Al ₂ O ₃ [%]	0,4 - 0,5

3.1.3 Zirkon

Zirkonový písek, jinak také ZrSiO_4 , je písek, vyznačující se kulatými zrny s hladkým povrchem, jež mají téměř stejnou velikost, jsou také netečná vůči oxidům železa za vysokých teplot. Jedná se o žáruvzdorný materiál s nízkou tepelnou roztažností a vysokou měrnou hmotností. Chemická netečnost vůči oxidům železa dává směsím vysokou odolnost proti penetraci a zapékání. Zirkonový písek je ideálním ostřivem pro masivní odlitky nebo velmi tepelně namáhaná jádra a formy. Kvůli kyselé reakci ho nelze použít pro odlitky z manganové oceli. Používá se jen ve velmi omezené míře a pro speciální účely, neboť má vysokou cenu [2,18,22,28]. Parametry a chemické složení ostřiva jsou uvedeny v tab. 12 a v tab. 13.



Obr. 17 Tvar zrn zirkonu [22]

Tab. 12 Parametry zirkonového ostřiva [22].

Parametry zirkonového ostřiva	
AFS [-]	113
d_{50} [mm]	0,114
Ztráta žíháním [%]	0,30
Měrná hmotnost [g/cm^3]	4,2 - 4,8
Sypná hmotnost [kg/m^3]	2,7

Tab. 13 Chemické složení zirkonového ostřiva [22].

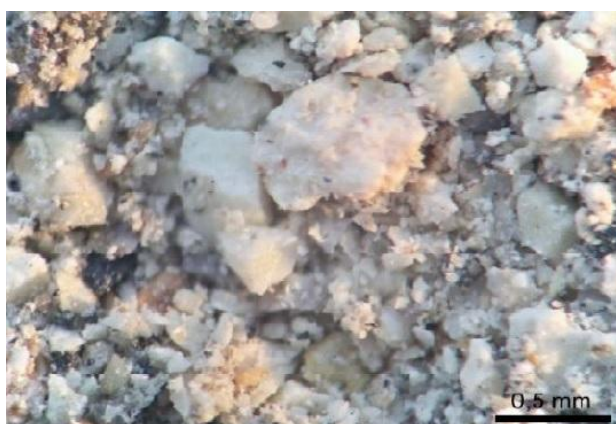
Chemické složení zirkonového ostřiva	
ZrO_2 [%]	66,0
SiO_2 [%]	32,0
Fe_2O_3 [%]	0,20
TiO_2 [%]	0,25
Al_2O_3 [%]	0,18

3.1.4 Šamot

Šamotem se označuje vypálený jíl (lupek), který obsahuje 20 - 40 % Al_2O_3 a 45 - 75 % SiO_2 . Šamot se dělí podle jeho žáruvzdornosti, která závisí hlavně na Al_2O_3 :

- nízce žáruvzdorný - do 1670 °C
- středně žáruvzdorný - do 1730 °C
- vysoce žáruvzdorný - nad 1730 °C

Ostřivo je charakteristické ostrými hranami, je vhodné pro výrobu masivních ocelových odlitků nebo odlitků ze šedé litiny a také pro organická pojiva. Šamotová ostřiva mají vyšší žáruvzdornost než ostřiva křemenná, rozmanitou velikost zrn a nízkou nasákavost [2,12,13,14,21]. Parametry a chemické složení ostřiva jsou uvedeny v tab. 14 a v tab. 15.



Obr. 18 Tvar šamotového ostřiva B 253 [12].

Tab. 14 Parametry šamotového ostřiva [21].

Parametry šamotového ostřiva	
Velikost zrn [mm]	0,1 - 60
Objemová hmotnost [g/cm^3]	2,30 - 2,58
Nasákavost [%]	1,3 - 7,5
žáruvzdornost [°C]	1650 - 1750

Tab. 15 Chemické složení šamotového ostřiva [21].

Chemické složení šamotového ostřiva	
SiO_2 [%]	53 - 60
Fe_2O_3 [%]	1,25 - 3,30
TiO_2 [%]	1,15 - 1,50
Al_2O_3 [%]	33,3 - 42

3.1.5 Ostřiva s vysokým obsahem Al_2O_3 - aluminosilikáty

Do skupiny aluminosilikátů patří hlavně **silimanit**, s obsahem 63 % Al_2O_3 a **mullit**, který obsahuje cca 72 % Al_2O_3 . Mullit vzniká rozpadem silimanitu při vysokých teplotách. Jedná se o ostřiva s vysokou žáruvzdorností, nízkou tepelnou roztažností, vysokou odolností proti tepelným šokům a vysokou chemickou odolností. Používají se u metody přesného lití a pro keramické formy [2].

3.1.6 Korund

V přírodě ho najdeme jako minerál safír a korund, nečisté druhy jako smirek. Ve slévárenství se používá elektrokorund - Al_2O_3 , jde o umělé ostřivo. Obsah hliníku je okolo 53 %. Vyskytuje se ve čtyřech modifikacích (α , β , γ , δ), kde nejpoužívanější je α - Al_2O_3 . Ten je vysoce netečný vůči oxidům železa a je stálý. Používá se pro jílové směsi, s vodním sklem i organickými pojivy. Jeho cena je ovšem vysoká, proto je více využíván jako plnivo do nátěrů forem. Díky jeho vysoké tvrdosti, se při drcení dostává do plniva množství železa z drtičů. Je tedy nutné korund magneticky čistit [1].

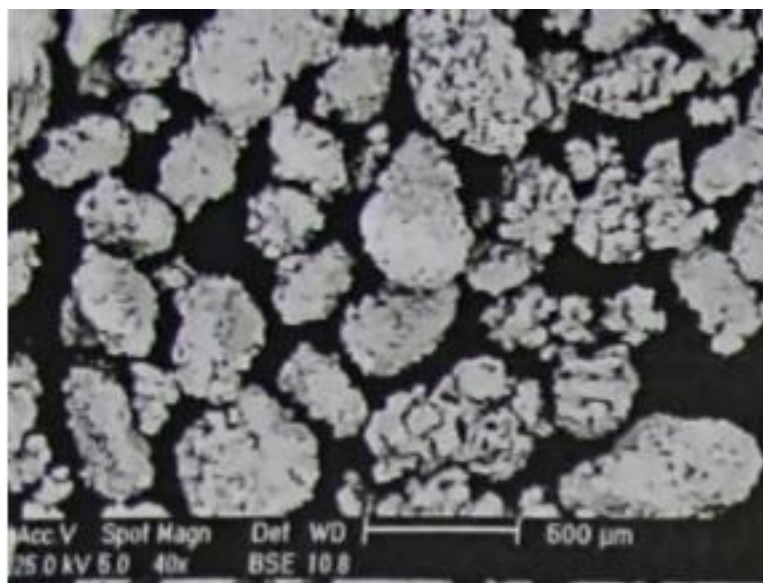


Obr. 19 Elektrokorund [29].

3.3 Ostřiva zásaditého charakteru

3.3.1 Magnezit

Jde o zásadité (bazické) ostřivo, které se získává z minerálu magnezit - MgCO_3 , který dále obsahuje vápenaté, křemičité a železité sloučeniny. Čistý magnezit má hnědou barvu a nazývá se uhličitán vápenatý. Surový magnezit se nejprve zbaví oxidu uhličitého CO_2 za pomoci pálení a je převeden na oxid hořečnatý MgO . Oxid hořečnatý na vzduchu pohlcuje vodu a hydratuje, proto se pálí do slinutí při teplotách vyšších než 1400 °C. Tím se získá slinutý magnezit, jehož obsah MgO převyšuje 85 %. Slinutý magnezit je charakteristický vysokou žáruvzdorností nad 2000 °C, vysokou tepelnou odolností vůči taveninám s velkým obsahem MnO , malou odolností vůči tepelným šokům a vyšší tepelnou vodivostí než je vodivost u křemenných ostřiv. Použití najde především pro těžké ocelové odlitky z manganových ocelí. Nevýhodný je kvůli své nekompatibilitě s kyselými pojivy [1,2]. Parametry a chemické složení ostřiva jsou uvedeny v tab. 16 a tab. 17.



Obr. 20 Struktura povrchu magnezitového ostřiva [24].

Tab. 16 Parametry magnezitového ostřiva [8].

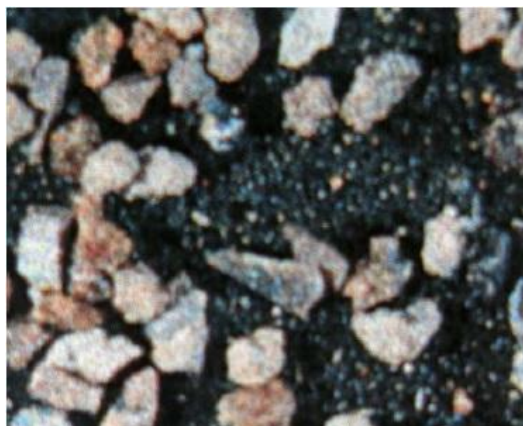
Parametry magnezitového ostřiva	
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,39
Pravidelnost zrnitosti $d_{75/25}$ [%]	40,3
Nasákavost [%]	0,2
Hodnota pH	9,89

Tab. 17 Chemické složení magnezitového ostřiva [8].

Chemické složení magnezitového ostřiva	
MgO [%]	89,5
SiO ₂ [%]	3,5 - 4
Fe ₂ O ₃ [%]	5,0 - 5,5
CaO [%]	2,4 - 2,6
Al ₂ O ₃ [%]	0,2 - 0,4

3.3.2 Chrommagnezit

Magnezitové ostřívo má malou odolnost proti tepelným šokům, zvýšení odolnosti se dá docílit přidáním chromitu. Chrommagnezit tedy vzniká smícháním slinutého magnezitu s kvalitním chromitem, jehož podíl je vyšší než 50 % (pokud je podíl menší než 50 %, jedná se o **magnezitchrom**). Toto ostřívo má oproti magnezitu vyšší odolnost proti tepelným šokům a vyšší tepelnou kapacitu i tepelnou vodivost. Jde o velmi kvalitní ostřívo, které se používá pro speciální legované oceli a těžké ocelové odlitky. Nahrazuje drahou zirkonovou směs [2].



Obr. 21 Struktura ostřiva chrommagnezit [1].

3.3.3 Dunit - magnolit

Magnolit, jinak také nazývaný dunit, je slévárenské ostřívo, které se vyrábí spékáním dunitu při teplotě okolo 1550 °C. Mineralogicky je dunit olivínem s dalšími minerály. Jeho zrna mají nepravidelný tvar a drsný porézní povrch. Je vhodný pro odlévání litiny i ocelí, zvláště pak manganových s velmi jakostním povrchem. Má velmi dobrou rozpadavost, není proto třeba pracné čištění odlitku, vtoková soustava i nálitky se dají odstranit bez předchozího tryskání. Spotřeba pojiv je zde díky vysokému podílu prachových částic i poréznosti zrn o asi 50 % vyšší, než u směsí s křemennými ostřivy. Proto není ostřívo vhodné pro organická pojiva [1,12]. Parametry a chemické složení ostřiva je uvedeno v tab. 18 a v tab. 19.



Obr. 22 Struktura povrchu dunitového ostřiva [12].

Tab. 18 Parametry dunitového ostřiva [23].

Parametry dunitového ostřiva	
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,34
AFS [-]	49,62
Počátek spékání [°C]	1380
Sypná hmotnost [g/cm ³]	1,45 - 1,5

Tab. 19 Chemické složení dunitového ostřiva [23].

Chemické složení dunitového ostřiva	
MgO [%]	48,8
SiO ₂ [%]	41,2
Fe ₂ O ₃ [%]	9,1
CaO [%]	0,1

3.4 Ostatní, speciální a umělá ostřiva

3.4.1 Kerphalite KF

Jde o přírodní ostřivo, drcený a ostře tříděný aluminosilikát minerálu andalusit. Má ostré, hranaté zrna, velkou žáruvzdornost a vysokou tepelnou stabilitu. Jeho dalšími vlastnostmi jsou: nízká tepelná roztažnost, poměrně dobrá tepelná vodivost. Jeho chemické a mineralogické složení je stabilní, má neutrální pH a je plně kompatibilní s křemennými ostřivy. Lze jej použít pro všechny kombinace známých pojiv, včetně bentonitových, pro metody horkého a studeného jaderníku, pro skořepinové odlévání oceli, litiny i slitiny neželezných kovů. Dále se hojně využívá v Německu, a to zejména v automobilovém průmyslu. Neznečišťuje životní prostředí a není u něho riziko silikózy. [5,18]. Parametry a chemické složení jsou uvedeny v tab. 20 a v tab. 21.



Obr. 23 Ostřivo Kerphalite KF [18].

Tab. 20 Parametry ostřiva Kerphalite KF [18].

Parametry ostřiva Kerphalite KF - AFS 60	
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,17 - 0,28
Sypná hmotnost [g/cm^3]	1,7
Bod tavení [$^{\circ}\text{C}$]	min. 1800

Tab. 21 Chemické složení ostřiva Kerphalite KF [18].

Chemické složení ostřiva Kerphalite KF	
Al_2O_3 [%]	61
SiO_2 [%]	38
Fe_2O_3 [%]	0,5
MgO, CaO, K_2O , Na_2O [%]	max. 0,5

3.4.2 CERABEADS

Jedná se o uměle vytvořené ostřivo na bázi aluminosilikátů, kde hlavní podíl zastávají Al_2O_3 asi 61 % a SiO_2 okolo 36 %. Vyznačuje se vysokou žáruvzdorností až 1825°C a nulovou teplotní expansí i při teplotách nad 1000°C . Zrna mají kulatou strukturu, což dělá směs velmi pevnou. Lze jej použít pro všechny pojivové systémy s vyšší spotřebou pojiva. CERABEADS se používá hlavně při výrobě složitých odlitek z austenitických a vysoce legovaných ocelí a pro výrobu složitých jader (motory automobilů, ventily, tenké olejové přívody). Sypná hmotnost okolo $1,69 \text{ g}/\text{cm}^3$ umožňuje bezproblémové míšení s křemenným pískem [5,18,28].



Obr. 24 Struktura povrchu ostřiva CERABEADS [27].

3.4.3 LK - Sand

Jde o uměle vyráběné ostřívo na bázi hlinito - křemičitanů od firmy Sand Team, spol. s.r.o.. Vzniká vypalováním kaolinitického jílu na žáruvzdornou formu aluminosilikátu a poté mletím a tříděním. Ostřívo má ostré hrany a vyznačuje se podobnou nasákavostí jako křemenné písky, díky tomu je lze míchat. Naproti tomu má od křemenných ostřiv plynulou dilatační křivku, což zabraňuje vzniku vad na odlitcích. Ostřívo lze použít pro většinu pojivových systémů a k odlévání všech kovových materiálů. Je přátelský k přírodnímu prostředí a nehrozí u něj riziko silikózy [18]. V tab. 22 a v tab. 23 jsou vypsány parametry a chemické vlastnosti ostřiva.



Obr. 25 Struktura povrchu ostřiva LK - Sand [18].

Tab. 22 Parametry ostřiva LK - Sand [18].

Parametry ostřiva LK - Sand	
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,28
Nasákavost [%]	max. 3,5
Žáruvzdornost [°C]	1750
měrná hmotnost [g/cm^3]	2,75

Tab. 23 Chemické složení ostřiva LK - Sand [18].

Chemické složení ostřiva LK - Sand	
Al_2O_3 [%]	min. 38
SiO_2 [%]	55,6 - 52,1
Fe_2O_3 [%]	min. 1,5
TiO_2 [%]	1,4 - 1,7

3.4.4 Grafit

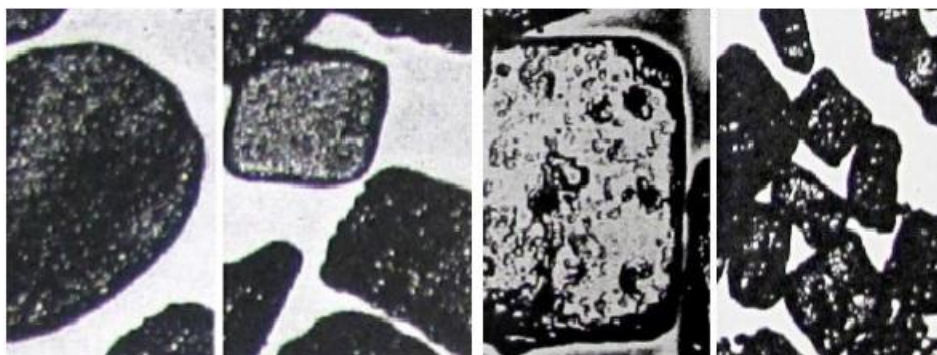
Grafit se využívá zejména pro svou nízkou tepelnou roztažnost, 3krát vyšší tepelnou vodivost než u ostřiv křemenných a také pro svou vysokou chemickou i korozní stálost. Nejlevnějším materiálem pro výrobu grafitového ostřiva jsou mleté grafitové kelímky. Použitím grafických ostřiv dostáváme velice přesné a hladké povrchy [2].

3.4.5 Kovová ostřiva

Tento druh ostřiv se většinou získává tříděním odpadu ze slévarenských tryskačů. Přidáním kovových ostřiv do směsi lze dosáhnout zvýšení tepelné vodivosti u formy. Tato ostřiva mají dostatečné konstantní vlastnosti a snadnou regeneraci, ale nevýhodou je u nich vysoká smáčivost, čemuž se brání pomocí nátěrů. Uplatnění je pro tzv. magnetické formování [2].

3.4.6 Solná jádra

Solná jádra jsou unikátní tím, že se nerozdělují na ostřivo a pojivo, jsou dohromady jednou látkou. Velkou výhodou je jejich odstranění, dají se odstranit rozpouštěním ve vodě, což není nijak náročné. Další výhodou je také šetrnost k životnímu prostředí - neobsahují žádné organické složky a tak nevznikají plyny při rozkladu. Využívají se při výrobě složitých odlitků z neželezných kovů (zejména hliníku), například turbodmychadla a písty. K výrobě solných jader se využívá anorganických solí NaCl a KCl v pevném stavu. Formují se pomocí odlévání, nebo vysokotlakým lisováním. Tato jádra musí splňovat následující požadavky: nulové vymílání jader, žádné uvolňování plynů z jader, snadné odjádrování [8,15]. Porovnání vlastností solí KCl a NaCl jsou uvedeny v tab. 24.



Obr. 26 Nalevo krystal NaCl, napravo krystal KCl [15].

Tab. 24 Vlastnosti solí KCl a NaCl [15].

Vlastnosti solí KCl a NaCl		
Druh soli	KCl	NaCl
Teplota tání [°C]	770,3	801
Teplota varu [°C]	1411	1413
Hustota varu [g/cm ³]	1,98	2,16

4 SOUHRN VYBRANÝCH OSTŘIV

V tab. 25 a 26 jsou uvedeny některé ostřiva a jejich vlastnosti: velikost středního zrna d_{50} , tvar zrna, obsah SiO_2 , přibližné hodnoty pH.

Tab. 25 Srovnání vybraných křemenných ostřiv

		d_{50} [mm]	Tvar zrn	SiO_2 [%]
Křemenná ostřiva	Střeleč	0,15 - 0,97	hranatý	99 - 99,3
	Provodín	0,30 - 0,82	hranatý, zaoblený	99
	Šajdíkové Humence	0,22 - 0,70	kulatý	97 - 98
	Szczakowa	0,27	zakulacený	98,2
	Grudzeń Las	0,12 - 0,40	oválný	min. 99,2
	Sand Team	0,20 - 0,37	kulatý	98,3

Tab. 26 Srovnání vybraných nekřemenných ostřiv [18,22,27,31]

		d_{50} [mm]	Tvar zrn	Hodnota pH
Nekřemenná ostřiva	Chromit	0,27 - 0,35	hranatý, zaoblený	7,5 - 8,5
	Olivín	0,34	hranatý, zaoblený	8 - 9,5
	Zirkon	0,114	kulatý	5,5 - 7,5
	Šamot	0,1 - 60	ostrohranný	6 - 8 (dle složení)
	Magnezit	0,39	kulatý	9,9
	Kerphalite KF	0,17 - 0,28	hranatý	7,3
	Dunit	0,34	nepravidelný	9,6
	CERABEADS	0,11 - 0,38	kulovitý	
	LK - Sand	0,28	ostrohranný	5,8 - 6,5

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování přehledu slévárenských ostřiv a jejich vlastností a použití, pro výrobu slévárenských forem a jader.

Úvod práce se zabývá základními pojmy, seznamuje s problematikou formovacích směsí a popisuje jejich vlastnosti. Základní složky směsí jsou ostřivo, pojivo a přísady, tyto složky mají určitý vliv na vlastnosti formy a také na odlitek, proto je třeba dbát na výběr těchto částí.

Druhá kapitola se věnuje křemenným ostřivům. Jde o stále nejpoužívanější surovinu pro výrobu forem a to i přes své nedostatky. Nejhlavnějším důvodem používání křemenných ostřiv je jeho nízká cena (SiO_2 je nejrozšířenějším minerálem v přírodě). Křemenné písky se vyznačují vysokým obsahem SiO_2 a malým obsahem nežádoucích oxidů. Mezi největší nevýhody patří:

- zvýšená reaktivnost za vysokých teplot → vznik zapečení
- neplynulá tepelná dilatace → vznik povrchových vad na odlitku
- cristobalitická expanze → rozměrová nepřesnost
- silikóza (smrtelná nemoc, usazování křemenného prachu v plicích)

Zmíněna jsou ostřiva z České republiky - Střeleč a Provoďín, slovenská ostřiva - Šajdíkové Humence, ostřiva z Polska - Grudzeń Las a Szczakowa, německá - Frechen a Haltern, australský písek Cape Flattery a písky dovážené z Norska od společnosti SIBELCO.

Poslední kapitola se zabývá nekřemennými ostřivy. Ty mají oproti křemenným ostřivům vyšší cenu, kvůli vzácnosti minerálů. Používají se tam, kde již vlastnosti křemenných ostřiv nejsou dostatečné pro daný odlitek. Vyznačují se vysokou žáruvzdorností a velkou kvalitou povrchu odlitků. Zmíněna jsou ostřiva:

- ostřiva neutrálního charakteru: šamot, zirkon, olivín, chromit, aluminosilikáty, korund
- ostřiva zásaditého charakteru: magnezit, chrommagnezit, dunit
- speciální a umělá ostřiva: Kerphalite KF, CERABEADS, LK - SAND, grafit, kovová ostřiva, solná jádra

Umělá ostřiva nabízí velice dobrý povrch odlitků. Jejich cena je opět vyšší, ale zaručují vysokou kvalitu odlitků, určené zejména pro energetický, automobilový a letecký průmysl.

Křemenných i nekřemenných ostřiv je celá řada, popsány tak byly jen nejdůležitější a nejpoužívanější ostřiva, používána zejména v České republice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. JELÍNEK, Petr. *Disperzní soustavy slévárenských formovacích směsí: ostřiva*. Ostrava: Petr Jelínek, 2000, 138 s. ISBN 80-238-6118-2.
2. RUSÍN, K. a kolektiv. *Slévárenské formovací materiály*. Praha: SNTL, 1991. 392 s. ISBN 80-03-00278-8
3. PETRŽELA, Lev. *Slévárenské formovací látky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955, 636s.
4. DVORÁK, Milan a KOLEKTIV. *Technologie II*. 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, s. 3-46, ISBN 80-214-2683-7.
5. RECKNAGEL, Ulrich a Martin DAHLMANN. Speciální pisky - ostřiva pro moderní výrobu jader a forem. Slévárství. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 1 - 2, s. 44 - 48. ISSN 0037-6825.
6. JELÍNEK, Petr. *Pojivové soustavy slévárenských formovacích směsí: (chemie slévárenských pojiv)*. Ostrava: Petr Jelínek, 2004, 241 s. ISBN 80-239-2188-6.
7. SKLOPÍSEK STŘELEČ [online]. © 2010 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.glassand.eu/>
8. RUSÍN, Karel a Radek BRYCHTA. Co určuje cenu jadrových směsí s křemennými ostřivy?. In: *Formovací materiály a snižování nákladů na odlitek: Formmaterialien und Kostenabbau bei Gussstück-Herstellung = Moulding materials and cost reductions for casting : mezinárodní konference, 8. ročník, 19. a 20. 4. 2005 Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2005. s. 37 - 52. ISBN 80-02-01725-0.
9. PETRÁK, Jan. Ostřivo pro bentonitové formovací směsi. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 41 - 46. ISBN 978-80-02-02316-6.
10. HLAVSA, Petr a Marko GRZINČIČ. Přínosy atrytace ostřiva Šjadíkove Humence pro výrobce náročných odlitků z Al slitin. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 199-206. ISBN 978-80-02-02316-6.
11. KONŠEL, Miroslav. Jakostní polské křemenné ostřivo z pískovny Szczakowa. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2007, č. 5 - 6, s. 240. ISSN 0037-6825.
12. CUPÁK, Petr a Kamilo TOMÁŠ. Zkušenosti s nekřemennými ostřivy ve slévárně oceli ŠMERAL Brno, a.s. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 6, s. 222 - 226. ISSN 0037-6825.
13. CUPÁK, Petr, Kamilo TOMÁŠ. Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostřiva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 12, s. 462 - 464. ISSN 0037-6825.

14. ANTOŠ, Petr, Barbora ANTOŠOVÁ, Alois BURIAN a Pavel ROUBÍČEK. Využití lupků jako ostřiva formovacích směsí. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference*, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 27 - 35. ISBN 978-80-02-02316-6.
15. MIKŠOVSKÝ, František, Eliška ADÁMKOVÁ. Solná jádra a možnosti jejich aplikací. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference*, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 75 - 84. ISBN 978-80-02-02316-6.
16. KERKOSAND spol. s r.o. [online]. © 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://kerkosand.quarzwerke.com/>
17. *Provodínské písky, a.s* [online]. © 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://provodin.quarzwerke.com/>
18. SAND TEAM, spol. s r.o. [online]. © 2015 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.sandteam.cz/>
19. H-GLOST [online]. © 2010 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.h-glost.cz/>
20. Cape Flattery Silica Mines Pty Ltd [online]. © 2001 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.cfsm.com.au/>
21. ČESKÉ LUPKOVÉ ZÁVODY, a.s. [online]. © 2006-2016 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.cluz.cz/>
22. FORMSERVIS [online]. © 2008 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.formservis.cz/>
23. JAP TRADING, s.r.o. [online]. © 2010 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.jap.cz/>
24. JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ, Pavel CIBULIAK, Lubomír URBAN a Peter MAGVAŠI. Jegenit "TS KG 90" - Nové bazické ostřivo slévárenských formovacích směsí. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials: mezinárodní konference: 10. ročník: 17. a 18.4.2007 Hotel Jehla, Českomoravská vrchovina, Žďár nad Sázavou*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2007, s.27 - 36. ISBN 978-80-02-01925-1.
25. ROUBÍČEK, Pavel. Lupek - slévárenské ostřivo. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials: mezinárodní konference: 10. ročník: 17. a 18.4.2007 Hotel Jehla, Českomoravská vrchovina, Žďár nad Sázavou*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2007, s.37 - 43. ISBN 978-80-02-01925-1.
26. Quarzwerke Gruppe [online]. © 2014 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.quarzwerke.com/>
27. Opta Minerals Inc. [online]. © 2015 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.optaminerals.com/Foundry/cerabeads.html>

28. HA ILARDUYA [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: www.ha-ilarduya.com/
29. FURS [online]. © 2013 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z:
<http://www.furs-kolo.com.pl/index.php?co=oferta&id=85>
30. Dalibor Velebil © 2007-2008 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z:
<http://www.velebil.net/mineraly/chromit>
31. BŘUŠKA, M., BEŇO, J., CAGALA, M.. Dilatometric Characterization of Foundry Sands. *Archives of Foundry Engineering*. 2012, č. 12(2), s. 9-14. ISSN 1897 - 3310

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Popis
AFS	[-]	číslo zrnitosti
d₅₀	[mm]	střední velikost zrna
d_{75/25}	[%]	číslo stejnoměrnosti
mohs	[-]	tvrdost podle Mohsovy stupnice
pH	[-]	vodíkový exponent
F 32		značení písku Frechen
H 32		značení písku Halten
GL		značení písku Grudzeń Las
PR		značení písku Provoďín
SH		značení písku Šajdíkové Humence
SP		značení písku firmy SAND TEAM
ST		značení písku Střeleč